



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11337201 A

(43) Date of publication of application: 10.12.1999

(51) Int. Cl. F25B 9/00

(21) Application number: 10145260

(22) Date of filing: 27.05.1998

(71) Applicant: DAIKIN IND LTD

(72) Inventor: TOMIOKA KEIJI  
YAMAGUCHI TATSUYA  
KURIHARA TOSHIYUKI

## (54) REFRIGERATOR

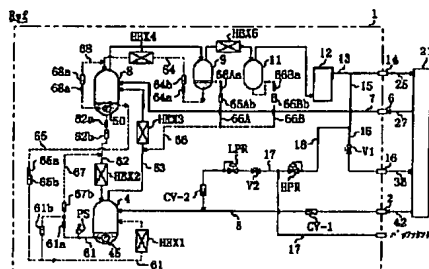
## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To maintain an amount of oil stored in the dome of a low stage compressor without being influence by the operation state of a compressor.

**SOLUTION:** High and low stage compressors 8 and 4 are interconnected through a second cooling oil circuit 62 having a second air-cooled heat-exchanger HEX2 and a third cooling oil circuit 63 having a third air-cooled heat-exchanger HEX3. Cooling oil in the dome of the high stage compressor 8 is supplied to the middle of compression of the compression chamber of the low stage compressor 4 to cool middle pressure helium gas. The cooling oil flows through a third cooling circuit 63 and after it is cooled by the third air-cooled heat-exchanger HEX3, it is returned to the rear stage

compressor 8 to cool the compression motor. Meanwhile, the low stage compressor 4 is provided with a first cooling oil circuit 61 having a first oil pump 45 and the first air-cooled heat-exchanger HEX1. A pressure switch PS is arranged at the first cooling oil circuit 61 and the decrease of cooling oil in the dome of the low stage compressor 4 is detected by operation of a pressure switch PS.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-337201

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

F 2 5 B 9/00

識別記号

F I

F 2 5 B 9/00

Λ

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-145260

(22) 出願日 平成10年(1998) 5月27日

(71) 出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72) 発明者 富岡 計次

大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工業株式会社堺製作所金岡工場内

(72) 発明者 山口 達也

大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工業株式会社堺製作所金岡工場内

(72) 発明者 栗原 利行

大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工業株式会社堺製作所金岡工場内

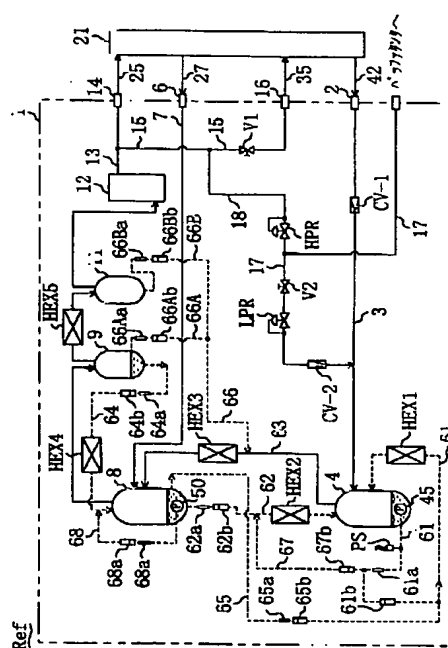
(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54) 【発明の名称】 冷凍機

(57) 【要約】

【課題】 圧縮機の運転状態に影響されることなく、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油の量を一定に維持する。

【解決手段】 高段用圧縮機(8)と低段用圧縮機(4)との間を、第2空熱交換器(HEX2)を備える第2冷却油回路(62)と、第3空熱交換器(HEX3)を備える第3冷却油回路(63)とで接続する。そして、高段用圧縮機(8)のドーム内の冷却油を低段用圧縮機(4)の圧縮室の圧縮途中へ供給し、中間圧のヘリウムガスを冷却する。この冷却油は第3冷却油回路(63)を流れ、第3空熱交換器(HEX3)で冷却された後に高段用圧縮機(8)に戻り、圧縮機モータを冷却する。一方、低段用圧縮機(4)には第1油ポンプ(45)と第1空熱交換器(HEX1)とを備える第1冷却油回路(61)を設ける。また、第1冷却油回路(61)に圧力スイッチ(PS)を設け、この圧力スイッチ(PS)の動作によって低段用圧縮機(4)のドーム内の冷却油の減少を検知する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 低圧の冷媒ガスを吸い込んで中間圧の冷媒ガスを吐出する低段用圧縮機(4)と、該低段用圧縮機(4)が吐出した中間圧の冷媒ガスを少なくとも吸い込んで高圧の冷媒ガスを吐出する高段用圧縮機(8)とを備えた冷凍機(Ref)において、上記両圧縮機(4,8)は、容積型で且つ低圧ドームの密閉型に構成される一方、第1冷却器(HEX1)と油ポンプ(45)とを備え、上記低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油を該第1冷却器(HEX1)で冷却して低段用圧縮機(4)の圧縮機モータに供給する第1冷却油回路(61)と、第2冷却器(HEX2)を備え、上記高段用圧縮機(8)のドーム内に貯留される油を該第2冷却器(HEX2)で冷却して低段用圧縮機(4)の圧縮室の圧縮途中に供給する第2冷却油回路(62)と、第3冷却器(HEX3)を備え、上記低段用圧縮機(4)から中間圧の冷媒ガスと共に吐出される油を該第3冷却器(HEX3)で冷却して高段用圧縮機(8)の圧縮機モータに供給する第3冷却油回路(63)とを備えることを特徴とする冷凍機。

【請求項2】 請求項1記載の冷凍機において、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油の量が所定量以下になると異常信号を出力する油量検出手段(P)を備えていることを特徴とする冷凍機。

【請求項3】 請求項2記載の冷凍機において、油量検出手段(PS)は、第1冷却油回路(61)内の圧力を検出し、検出圧力値が所定値以下になると異常信号を出力する圧力スイッチ(PS)であることを特徴とする冷凍機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧縮機で圧縮されたヘリウム等の冷媒ガスを膨張させることによって寒冷を発生させるようにした冷凍機に関し、その圧縮機の油回路に係るものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、寒冷を発生させる冷凍機には、ヘリウム等の冷媒ガスを圧縮機で圧縮し、この圧縮された高圧の冷媒ガスを膨張機で膨張させることによって、極低温レベルの寒冷を発生させるようにしたものである。

【0003】この種の冷凍機では、膨張機で膨張する冷媒ガスの圧力を高くするために、圧縮機を低段及び高段の2段として両圧縮機を直列に接続し、冷媒ガスを低段用圧縮機で圧縮した後、その圧縮機から吐出された冷媒ガスをさらに高段用の圧縮機で圧縮することがある。

【0004】このような2段式の圧縮機を使用する場合、従来、例えば特開平7-280368号公報に示すように、高段用の圧縮機のドーム内底部に貯留された油

を低段用の圧縮機のドーム内に供給するための油配管を設け、高段用圧縮機のドーム内圧と低段用圧縮機のドーム内圧との差によって油を流通させるようにしたものである。この高段用圧縮機から低段用圧縮機へ供給された油は、低段用圧縮機の圧縮機モータに供給されて該圧縮機モータを冷却し、ドーム内底部に貯留される。その後、その一部が該低段用圧縮機内部の潤滑に利用される一方、冷媒ガスを冷却するために、ポンプによって低段用圧縮機の圧縮室の圧縮途中に供給される。そして、この低段用圧縮機の圧縮室に供給された油は、低段用圧縮機から吐出される冷媒と共に高段用圧縮機のドーム内に送られ、高段用圧縮機のドーム内に再び貯留されてこの循環を繰り返すように構成されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術においては、高段用圧縮機から低段用圧縮機への油の供給は、両圧縮機のドーム内圧の差によって行われている。このため、冷凍機の運転状態の変化に伴って圧縮機のドーム内圧が変化すると、高段用圧縮機から低段用圧縮機へ流れる油の流量が変化してしまう。これに対して、低段用圧縮機から高段用圧縮機へ油を戻すのはポンプによって行われているため、低段用圧縮機から高段用圧縮機へと流れる油の流量は、冷凍機の運転状態とは関係なく、ポンプの能力によって決定される。このため、高段用圧縮機のドーム内圧と低段用圧縮機のドーム内圧との差が減少すると、高段用圧縮機から低段用圧縮機への油の流量が減少する一方、低段用圧縮機から高段用圧縮機へと送られる油の量は変化しないため、低段用圧縮機のドーム内底部に貯留される油の量が減少し、この結果、低段用圧縮機の焼付きを招くおそれがあるという問題があった。

【0006】本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、圧縮機の運転状態に影響されることなく、低段用圧縮機のドーム内に貯留されている油の量を一定に維持することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、高段用圧縮機(8)から低段用圧縮機(4)へと供給された油を、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留することなく高段用圧縮機(8)へと戻すようにしたものである。

【0008】具体的に、請求項1記載の発明が講じた手段は、低圧の冷媒ガスを吸い込んで中間圧の冷媒ガスを吐出する低段用圧縮機(4)と、該低段用圧縮機(4)が吐出した中間圧の冷媒ガスを少なくとも吸い込んで高圧の冷媒ガスを吐出する高段用圧縮機(8)とを備えた冷凍機(Ref)を前提としている。そして、上記両圧縮機(4,8)を、容積型で且つ低圧ドームの密閉型に構成する一方、第1冷却器(HEX1)と油ポンプ(45)とを備え、上記低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油を該第1冷却器(HEX1)で冷却して低段用圧縮機(4)

の圧縮機モータに供給する第1冷却油回路(61)と、第2冷却器(HEX2)を備え、上記高段用圧縮機(8)のドーム内に貯留される油を該第2冷却器(HEX2)で冷却して低段用圧縮機(4)の圧縮室の圧縮途中に供給する第2冷却油回路(62)と、第3冷却器(HEX3)を備え、上記低段用圧縮機(4)から中間圧の冷媒ガスと共に吐出される油を該第3冷却器(HEX3)で冷却して高段用圧縮機(8)の圧縮機モータに供給する第3冷却油回路(63)とを設けるものである。

【0009】また、請求項2記載の発明が講じた手段は、請求項1記載の発明において、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油の量が所定量以下になると異常信号を出力する油量検出手段(PS)を設けるものである。

【0010】また、請求項3記載の発明が講じた手段は、請求項2記載の発明において、油量検出手段(PS)を、第1冷却油回路(61)内の圧力を検出し、検出圧力値が所定値以下になると異常信号を出力する圧力スイッチ(PS)とするものである。

【0011】—作用—

請求項1記載の発明では、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油は、第1冷却油回路(61)の油ポンプ(45)によって第1冷却器(HEX1)へと流れ、該第1冷却器(HEX1)で冷却された後に低段用圧縮機(4)の圧縮機モータに供給されて、該圧縮機モータを冷却する。一方、高段用圧縮機(8)のドーム内に貯留される油は、高段用圧縮機(8)のドーム内圧と低段用圧縮機(4)のドーム内圧との差によって第2冷却油回路(62)を流れ、該第2冷却油回路(62)に設けられた第2冷却器(HEX2)で冷却された後に低段用圧縮機(4)の圧縮室の圧縮途中へ供給される。低段用圧縮機(4)の圧縮室の圧縮途中へ供給された油は、該圧縮室で圧縮されて高温となった中間圧の冷媒ガスを冷却し、該中間圧の冷媒ガスと共に低段用圧縮機(4)から吐出される。この中間圧の冷媒ガスと共に低段用圧縮機(4)から吐出された油は、第3冷却油回路(63)を流れ、該第3冷却油回路(63)に設けられた第3冷却器(HEX3)で冷却された後に、高段用圧縮機(8)の圧縮機モータに供給されて、該圧縮機モータが冷却される。

【0012】また、請求項2記載の発明では、油量検出手段(PS)が低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油の量を検出し、油量が所定値以下になると油量検出手段(PS)から異常信号が出力される。

【0013】また、請求項3記載の発明では、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油量が減少すると、油面が低下して油ポンプ(45)が油を吸い込むことができなくなる。この結果、第1冷媒回路内の圧力が低下して所定値以下に低下すると圧力スイッチ(PS)が作動して、異常信号を出力する。

【0014】

【発明の効果】従って、請求項1記載の発明によれば、高段用圧縮機(8)から第2冷却油回路(62)を流れて低段用圧縮機(4)へと供給される油は、低段用圧縮機(4)から吐出される中間圧の冷媒ガスと共に吐出されて高段用圧縮機(8)へと戻る。このため、第2冷却油回路(62)を流れる冷却油の量は冷凍運転状態の変化に伴う両圧縮機(4,8)のドーム内圧の変動に従って変動することとなるが、この冷却油は低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留されることなく高段用圧縮機(8)に戻る。この結果、冷凍運転状態の変化に伴って両圧縮機(4,8)のドーム内圧が変動する場合においても、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油の量を一定に維持することができ、該低段用圧縮機(4)の潤滑を確実に行うことができる。更には、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油は、油ポンプ(45)によって第1冷却油回路(61)を流れ、第1冷却器(HEX1)で冷却された後に再び低段用圧縮機(4)のドーム内に供給される。この結果、低段用圧縮機(4)の圧縮機モータを確実に冷却することができ、低段用圧縮機(4)の信頼性を向上させることができる。

【0015】また、請求項2記載の発明によれば、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される油量が所定量以下になると、油量検出手段(PS)が異常信号を出力するため、万一、油量低下が生じた場合であっても、この油量低下を確実に検出することができ、潤滑不良による低段用圧縮機(4)の焼付きを確実に防ぐことができる。

【0016】また、請求項3記載の発明によれば、圧力スイッチ(PS)によって第1冷却油回路(61)内の圧力を確実に検出することができ、低段用圧縮機(4)のドーム内における油量の減少を確実に検出することができ、潤滑不良による低段用圧縮機(4)の焼付きを確実に防ぐことができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0018】図1及び図2は本発明の実施形態に係る冷凍機(Ref)の全体構成を示す。この冷凍機(Ref)は、液体ヘリウムの蒸発によって被冷却物(70)を約4Kレベルに冷却するように構成されている。

【0019】冷凍機(Ref)は、図1に示す圧縮機ユニット(1)と、図2に示す真空デューワー(Dw)内に配置された冷凍機ユニット(21)とにより構成されている。

【0020】上記圧縮機ユニット(1)は、低圧ガス吸入口(2)からの低圧ヘリウムガスを低圧配管(3)を介して吸い込んで圧縮し、冷却油と共に吐出する低段用圧縮機(4)と、この低段用圧縮機(4)から吐出されたヘリウムガスを冷却する第3空冷熱交換器(HEX3)と、この第3空冷熱交換器(HEX3)から吐出されたヘリウムガスを、中間圧ガス吸入口(6)から中間圧配管(7)を介して吸入された中間圧のヘリウムガスと共にさらに高圧

に圧縮し、冷却油と共に吐出する高段用圧縮機(8)と、この高段用圧縮機(8)から吐出された高圧ヘリウムガスから冷却油を分離する前段油分離器(9)と、この前段油分離器(9)から吐出された高圧ヘリウムガスを冷却する第5空冷熱交換器(HEX5)と、この第5空冷熱交換器(HEX5)から吐出されたヘリウムガスからさらに冷却油を分離する後段油分離器(11)と、この後段油分離器(11)から吐出されたヘリウムガスから不純物を吸着除去する吸着器(12)(アドソーバ)とが順に冷媒配管で接続されて構成されている。そして、該吸着器(12)の吐出側は予冷用高圧配管(13)を介して予冷用高圧ガス吐出口(14)に、また予冷用高圧配管(13)から分岐接続されたJ-T用高圧配管(15)を介してJ-T用高圧ガス吐出口(16)にそれぞれ接続されている。尚、上記低圧配管(3)には、低圧ガス吸入口(2)から低段用圧縮機(4)へのヘリウムガスの流通のみを許容する第1逆止弁(CV-1)が設けられている。

【0021】上記低段用圧縮機(4)及び高段用圧縮機(8)は、スクロール型で且つ低圧ドームの密閉型に構成されると同時に、運転周波数可変のインバータ式に構成されており、図示しないが、冷却油をドーム内に導入して圧縮機モータに散布するモータインジェクションポートと、冷却油を圧縮室の圧縮途中へ導入するFSインジェクションポートと、冷媒ガスをドーム内に導入する吸入口と、圧縮した冷媒ガスを吐出する吐出口とを備えている。

【0022】上記J-T用高圧配管(15)には流量調整用の絞り固定式の第1絞り弁(V1)が配設されている。

【0023】さらに、上記低段用圧縮機(4)の吸込側と第1逆止弁(CV-1)との間の低圧配管(3)には、ヘリウムガス給排配管(17)の一端が第2逆止弁(CV-2)を介して接続され、このヘリウムガス給排配管(17)の他端は、ヘリウムガスを所定圧力で貯蔵するバッファタンク(図示せず)に接続されると共に、第2逆止弁(CV-2)はバッファタンクから低圧配管(3)へ向かうヘリウムガスの流通のみを許容するように構成されている。ヘリウムガス給排配管(17)には流量調整用の絞り固定式の第2絞り弁(V2)と、この第2絞り弁(V2)の低圧配管(3)側に低圧制御弁(LPR)とが配設されている。上記低圧制御弁(LPR)は、低圧配管(3)でのヘリウムガスの圧力が設定圧以下に低下したときにそれをパイロット圧として自動的に開くもので、この低圧制御弁(LP R)の開弁に伴いバッファタンク内のヘリウムガスが低圧配管(3)に供給される。

【0024】尚、上記J-T用高圧配管(15)と、ヘリウムガス給排配管(17)の集合部とは高圧制御弁(HPR)を配置したヘリウムガス戻し配管(18)により接続されている。上記高圧制御弁(HPR)は、J-T用高圧配管(15)でのヘリウムガスの圧力が設定圧以上に上昇したときにそれをパイロット圧として自動的に開くもの

で、この高圧制御弁(HPR)の開弁によりJ-T用高圧配管(15)(冷媒回路)のヘリウムガスがバッファタンク内に戻される。

【0025】これに対し、上記冷凍機ユニット(21)には、圧縮機ユニット(1)の高段用圧縮機(8)に対し閉回路に接続された予冷機(22)と、低段用圧縮機(4)及び高段用圧縮機(8)に対し直列に接続されたJ-T回路(31)とが設置されている。これら予冷機(22)及びJ-T回路(31)は、図2に示すように、予冷機(22)は、G-M(ギフォード・マクマホン)サイクルの冷凍機で構成されていて、J-T回路(31)におけるヘリウムガス(冷媒ガス)を予冷するためにヘリウムガスを圧縮及び膨張させる。この予冷機(22)は上記真空デュワー(Dw)の外部に配置される密閉円筒状のケース(23)と、該ケース(23)に連設された大小2段構造のシリンダ(24)とを有する。上記ケース(23)には上記圧縮機ユニット(1)の予冷用高圧ガス吐出口(14)にフレキシブル配管(25)を介して接続される高圧ガス入口(26)と、同中間圧ガス吸入口(6)にフレキシブル配管(27)を介して接続される低圧ガス出口(28)とが開口されている。一方、シリンダ(24)は真空デュワー(Dw)の側壁を貫通してその内部に延びており、その大径部の先端部は所定温度レベルに冷却保持される第1ヒートステーション(29)に、また小径部の先端部は上記第1ヒートステーション(29)よりも低い温度レベルに冷却保持される第2ヒートステーション(30)にそれぞれ形成されている。

【0026】すなわち、ここでは図示しないが、シリンダ(24)内には、上記各ヒートステーション(29,30)に対応する位置にそれぞれ膨張空間を区画形成するフリータイプのディスプレイサ(置換器)が往復動可能に嵌挿されている。一方、上記ケース(23)内には、回転する毎に開閉するロータリバルブと、該ロータリバルブを駆動するバルブモータとが収容されている。ロータリバルブは、上記高圧ガス入口(26)から流入したヘリウムガスをシリンダ(24)内の各膨張空間に供給し、又は各膨張空間内で膨張したヘリウムガスを低圧ガス出口(28)から排出するように切り換わる。そして、このロータリバルブの開閉により高圧ヘリウムガスをシリンダ(24)内の各膨張空間でサイモン膨張させて、その膨張に伴う温度降下により極低温レベルの寒冷を発生させ、その寒冷をシリンダ(24)における第1及び第2ヒートステーション(29,30)にて保持する。つまり、予冷機(22)では、高段用圧縮機(8)から吐出された高圧のヘリウムガスを断熱膨張させてヒートステーション(29,30)の温度を低下させ、J-T回路(31)における後述の予冷器(36,37)を予冷するとともに、膨張した低圧ヘリウムガスを高段用圧縮機(8)に戻して再圧縮するようになされている。

【0027】一方、上記J-T回路(31)は、約4Kレ

ベルの寒冷を発生させるためにヘリウムガスをジュール・トムソン膨張させるものであって、このJ-T回路(31)は上記真空デューワー(Dw)内に配置された第1〜第3のJ-T熱交換器(32〜34)を備えている。この各J-T熱交換器(32〜34)は1次側及び2次側をそれぞれ通過するヘリウムガス間で互いに熱交換させるもので、第1J-T熱交換器(32)の1次側は圧縮機ユニット(1)のJ-T用高压ガス吐出口(16)にフレキシブル配管(35)を介して接続されている。また、第1及び第2のJ-T熱交換器(32,33)の各1次側同士は、上記予冷機(22)におけるシリンダ(24)の第1ヒートステーション(29)外周に配置した第1予冷器(36)を介して接続されている。同様に、第2及び第3J-T熱交換器(33,34)の各1次側同士は、第2ヒートステーション(30)外周に配置した第2予冷器(37)を介して接続されている。さらに、上記第3J-T熱交換器(34)の1次側は、高压のヘリウムガスをジュール・トムソン膨張させるJ-T弁(38)に吸着器(39)を介して接続されている。上記J-T弁(38)は真空デューワー(Dw)外側から操作ロッド(38a)によって開度が調整される。上記J-T弁(38)には、ステンレス鋼製の管からなるヘリウム配管(40)の一端が接続される一方、該ヘリウム配管(40)の他端は上記第3J-T熱交換器(34)の2次側に接続されている。また、上記ヘリウム配管(40)には、内部をヘリウムが流通し、且つ被冷却物(70)と接触して設けられて該被冷却物(70)の冷却を行う冷却部(41)が設けられている。尚、この冷却部(41)と被冷却物(70)とは共に上記真空デューワー(Dw)内部に設けられている。そして、この第3J-T熱交換器(34)の2次側は第2J-T熱交換器(33)の2次側を経て第1J-T熱交換器(32)の2次側に接続され、この第1J-T熱交換器(32)の2次側はフレキシブル配管(42)を介して圧縮機ユニット(1)の低压ガス吸入口(2)に接続されている。

【0028】すなわち、J-T回路(31)はヘリウム配管(40)、フレキシブル配管(35,42)、低压配管(3)、両圧縮機(4,8)及びJ-T用高压配管(15)に対し直列に接続された冷媒回路をなし、ヘリウム配管(40)の冷却部(41)で被冷却物(70)を冷却して蒸発したヘリウムガスを第3〜第1J-T熱交換器(34〜32)の各2次側を通して低段用及び高段用圧縮機(4,8)に吸入圧縮する。また、この高段用圧縮機(8)により圧縮された高压ヘリウムガスを第1〜第3のJ-T熱交換器(32〜34)において、低段用圧縮機(4)側に向かう低温低压のヘリウムガスと熱交換させるとともに、第1及び第2予冷器(36,37)でそれぞれシリンダ(24)の第1及び第2ヒートステーション(29,30)で冷却した後、J-T弁(38)でジュール・トムソン膨張させて約4Kの液状態のヘリウムとなし、この液体ヘリウムをヘリウム配管(40)の冷却部(41)へと送るようになさ

れている。

【0029】続いて、本発明の特徴とする油回路について説明すると、上記前段油分離器(9)の底部は、フィルタ(64a)、オリフィス(64b)及び第4空冷熱交換器(HEX4)を配設した第4冷却油回路(64)を介して高段用圧縮機(8)のFSインジェクションポートに接続されており、前段油分離器(9)でヘリウムガスから分離された冷却油を第4冷却油回路(64)により高段用圧縮機(8)の圧縮室の圧縮途中に供給している。

【0030】上記前段及び後段の油分離器(9,11)は、後述する第3冷却油回路(63)の第3空冷熱交換器(HEX3)よりも低段用圧縮機(4)側に第2油戻し配管(66)を介して接続されている。この第2油戻し配管(66)は油分離器(9,11)側で2つの分岐油戻し配管(66A,66B)に並列に分岐され、一方の分岐油戻し配管(66A)は、フィルタ(66Aa)及びオリフィス(66Ab)を備えて前段油分離器(9)にその油溜り底面よりも所定高さの位置に開口され、また他方の分岐油戻し配管(66B)は、フィルタ(66Ba)及びオリフィス(66Bb)を備えて後段油分離器(11)の底部にそれぞれ開口されている。

【0031】上記高段用圧縮機(8)内の底部には、その内部の冷却油を吸引して吐出する第2油ポンプ(50)が配設され、この第2油ポンプ(50)には第2リターン配管(68)の一端が接続されている。この第2リターン配管(68)は高段用圧縮機(8)の外部に延び、その部分にはフィルタ(68a)及びオリフィス(68b)が直列に配設されており、第2リターン配管(68)の他端は、第4冷却油回路(64)の第4空冷熱交換器(HEX4)よりも高段用圧縮機(8)側に接続されている。

【0032】更に、上記高段用圧縮機(8)には、第2冷却油回路(62)と第1油戻し配管(65)とが接続されている。この第2冷却油回路(62)は、フィルタ(62a)、オリフィス(62b)及び第2冷却器である第2空冷熱交換器(HEX2)とが直列に接続されて成ると共に、フィルタ(62a)側の一端が高段用圧縮機(8)の底部に、第2空冷熱交換器(HEX2)側の一端が低段用圧縮機(4)のFSインジェクションポートに接続されており、高段用圧縮機(8)のドーム内の冷却油を第2空冷熱交換器(HEX2)で冷却した後低段用圧縮機(4)の圧縮室の圧縮途中に供給している。また、第1油戻し配管(65)は、フィルタ(65a)とオリフィス(65b)とが直列に接続されて成ると共に、フィルタ(65a)側の一端が、高段用圧縮機(8)に対しそのドーム内における油溜り底面よりも所定高さの位置に開口されると共に、オリフィス(65b)側の一端は、後述する第1冷却油回路(61)のオリフィス(61b)と第1空冷熱交換器(HEX1)との間に接続されている。

【0033】また、上述のように、低段用圧縮機(4)と高段用圧縮機(8)とは第3空冷熱交換器(HEX3)を

介して配管で接続されており、低段用圧縮機(4)が吐出するヘリウムガスは、第3空冷熱交換器(HEX3)で冷却された後に高段用圧縮機(8)に吸入される。そして、この低段用圧縮機(4)から高段用圧縮機(8)へ至る配管は、一端が低段用圧縮機(4)の吐出口に接続され、他端が高段用圧縮機(8)のモータインジェクションポートに接続されて第3冷却油回路(63)に構成されており、低段用圧縮機(4)から吐出された冷却油とヘリウムガスは、共に第3冷却器である第3空冷熱交換器(HEX3)で冷却された後に高段用圧縮機(8)のドーム内へ供給される。

【0034】上記低段用圧縮機(4)内の底部には、その内部の冷却油を吸引して吐出する第1油ポンプ(45)が配設され、この第1油ポンプ(45)には第1冷却油回路(61)の一端が接続されている。この第1冷却油回路(61)は低段用圧縮機(4)の外部に延び、その部分にはフィルタ(61a)、オリフィス(61b)及び第1冷却器である第1空冷熱交換器(HEX1)がそれぞれ直列に配設されている。また、この第1冷却油回路(61)の他端は低段用圧縮機(4)のモータインジェクションポートに接続されており、第1空冷熱交換器(HEX1)で冷却された油を低段用圧縮機(4)のドーム内へ供給される。

【0035】上記第1冷却油回路(61)には、第1リターン配管(67)が接続されている。この第1リターン配管(67)は、オリフィス(67b)を備えると共に、一端が第1冷却油回路(61)のフィルタ(61a)とオリフィス(61b)との間に、他端が第2冷却油回路(62)の第2空冷熱交換器(HEX2)よりも高段用圧縮機(8)側にそれぞれ接続されている。

【0036】また、上記第1冷却油回路(61)における第1油ポンプ(45)とフィルタ(61a)との間には圧力スイッチ(PS)が接続されている。この圧力スイッチ(PS)は、第1冷却油回路(61)内の圧力が所定値以下となると作動して異常信号を出力する油量検出手段(P S)に構成されている。

【0037】—運転動作—

本実施形態に係る冷凍機(Ref)の運転動作について説明すると、ヘリウム配管(40)に設けられた冷却部(41)において液体ヘリウムが蒸発し、該冷却部(41)に接触させて配置した被冷却物(70)が冷却保持される。また、上記冷却部(41)内で蒸発したヘリウムガスは、冷凍機(Ref)の冷媒回路に供給され、そこで圧縮及び膨張により冷却されて液化する。この液体ヘリウムはヘリウム配管(40)を流れて、再び冷却部(41)に至る。このことによって、被冷却物(70)安定して冷却される。

【0038】上記冷凍機(Ref)の運転についてさらに詳しく説明すると、低段用圧縮機(4)によりヘリウムガスが圧縮されて冷却油と共に吐出され、この低段用圧縮機(4)から吐出されたヘリウムガスは高段用圧縮機

(8)に吸引されて圧縮され、その高段用圧縮機(8)から冷却油と共に吐出される。この高段用圧縮機(8)から吐出された高圧のヘリウムガスは前段油分離器(9)において殆どの冷却油を、また後段油分離器(11)において残りの少しの冷却油をそれぞれ分離された後、その一部が予冷機(22)(膨張機)に供給されて該予冷機(22)におけるシリンダ(24)内の各膨張空間で膨張し、このガスの膨張に伴う温度降下により第1ヒートステーション(29)が所定温度レベルに、また第2ヒートステーション(30)が第1ヒートステーション(29)よりも低い温度レベルにそれぞれ冷却される。膨張空間で膨張したヘリウムガスは圧縮機ユニット(1)に戻り、その中間圧配管(7)を経由して高段用圧縮機(8)に吸い込まれて圧縮される。

【0039】一方、圧縮機ユニット(1)における高段用圧縮機(8)から吐出された高圧のヘリウムガスの残部は上記J-T用高压配管(15)の第1絞り弁(V1)を経由してJ-T回路(31)の第1J-T熱交換器(32)の1次側に入り、そこで低段用圧縮機(4)側へ向かう2次側の低圧ヘリウムガスと熱交換されて常温300Kから約50Kまで冷却され、その後、上記予冷機(22)の第1ヒートステーション(29)外周の第1予冷器(36)に入ってさらに冷却される。この冷却されたガスは第2J-T熱交換器(33)の1次側に入って、同様に2次側の低圧ヘリウムガスとの熱交換により約15Kまで冷却された後、予冷機(22)の第2ヒートステーション(30)外周の第2予冷器(37)に入ってさらに冷却される。この後、ガスは第3J-T熱交換器(34)の1次側に入って2次側の低圧ヘリウムガスとの熱交換によりさらに冷却され、しかる後にJ-T弁(38)に至る。このJ-T弁(38)では高圧ヘリウムガスは絞られてジュール・トムソン膨張し、約4Kの液状態のヘリウムとなり、この液体ヘリウムはヘリウム配管(40)から冷却部(41)へ供給され、冷却部(41)内で蒸発して被冷却物(70)を冷却する。また、冷却部(41)内で蒸発したヘリウムガスは、ヘリウム配管(40)を介して第3J-T熱交換器(34)の2次側に吸入され、第2及び第1J-T熱交換器(33,32)の各2次側を経由して低段用圧縮機(4)に吸い込まれて圧縮される。

【0040】続いて、本発明の特徴とする油回路における冷却油の流通について、図3に基づいて説明する。

【0041】上記前段油分離器(9)で回収されて前段油分離器(9)内に貯留している冷却油は、その一部Aが前段油分離器(9)の底部から第4冷却油回路(64)を流れ、第4空冷熱交換器(HEX4)で冷却された後に高段用圧縮機(8)のF Sインジェクションポートから圧縮室の圧縮途中に流入する。そして、この圧縮室に流入した冷却油は、高段用圧縮機(8)で圧縮された高圧のヘリウムガスを冷却し、この高圧ヘリウムガスと共に吐出された後に、前段油分離器(9)でヘリウムガスと分

離し、この循環を繰り返す。その際、前段油分離器

(9) から高段用圧縮機(8)のFSインジェクションポートへは、圧力差によって冷却油が流れる。つまり、前段油分離器(9)内部の圧力は高段用圧縮機(8)の吐出圧力(約24kgf/cm<sup>2</sup>)であるのに対して、FSインジェクションポートの開口する圧縮室の圧縮途中の圧力は高段用圧縮機(8)の吸入圧力(約8kgf/cm<sup>2</sup>)であるため、この圧力差によって冷却油が流れる。

【0042】また、上述のように高段用圧縮機(8)のFSインジェクションポートから圧縮室に流入した冷却油が吐出されるまでの間に、圧縮室に流入した冷却油の一部L2が圧縮室からドーム内底部の油溜りに流れる。このため、この油溜りに流れる量と同量L2の冷却油を、第2油ポンプ(50)によって第2リターン配管(68)から第4冷却回路へと戻して高段用圧縮機(8)内に貯留される冷却油量を略一定に維持する。

【0043】上記高段用圧縮機(8)に貯留している冷却油は、その一部Bが高段用圧縮機(8)のドーム底部から第2冷却油回路(62)を流れ、第2空冷熱交換器(HEX2)で冷却された後に低段用圧縮機(4)のFSインジェクションポートから圧縮室の圧縮途中に流入する。その際、高段用圧縮機(8)から低段用圧縮機(4)のFSインジェクションポートへは、圧力差によって冷却油が流れる。つまり、高段用圧縮機(8)のドーム内部の圧力は低段用圧縮機(4)の吐出圧力(約8kgf/cm<sup>2</sup>)であるのに対して、FSインジェクションポートの開口する圧縮室の圧縮途中の圧力は低段用圧縮機(4)の吸入圧力(約0.1kgf/cm<sup>2</sup>)であるため、この圧力差によって冷却油が流れる。そして、この圧縮室に流入した冷却油は、低段用圧縮機(4)で圧縮された中間圧のヘリウムガスを冷却し、この中間圧のヘリウムガスと共に吐出されて第3冷却油回路(63)へと流れる。

【0044】一方、前段油分離器(9)に貯留している冷却油の一部は分岐油戻し配管(66A)を流れ、また、図3には示さないが、後段油分離器(11)内の冷却油は分岐油戻し配管(66B)を流れ、両者を合わせた量F2の冷却油が第2油戻し配管(66)から第2冷却油回路(62)に合流する。その後、低段用圧縮機(4)から吐出した冷却油と両油分離器(9,11)からの冷却油を合わせた冷却油B+F2が、第3空冷熱交換器(HEX3)で冷却された後に中間圧ヘリウムガスと共に高段用圧縮機(8)のモータインジェクションポートより高段用圧縮機(8)のドーム内に流入する。そして、モータインジェクションポートより流入した冷却油は、高段用圧縮機(8)の圧縮機モータに散布されて圧縮機モータを冷却した後にドーム底部に貯留され、その後、軸受け等の潤滑に利用される。

【0045】また、高段用圧縮機(8)の場合と同様に、低段用圧縮機(4)の圧縮室に流入した冷却油の一部L1が圧縮室からドーム内底部の油溜りに流れる。

この油溜りに流れた量と同量L1の冷却油は、後述するように第1油ポンプ(45)によって第1リターン配管(67)から第2冷却油回路(62)へと戻る。

【0046】上記低段用圧縮機(4)においては、その油溜りから冷却油C+L1が第1油ポンプ(45)で押し出されて、第1冷却油回路(61)を流れる。このうちの一部の冷却油L1は、第1リターン配管(67)へと分岐して流れ、第2冷却油回路(62)へと戻される。一方、高段用圧縮機(8)のドーム内に貯留された冷却油の一部F1は、第1油戻し配管(65)を流れて、第1冷却油回路(61)を流れる冷却油Cと合流する。そして、合流した後の冷却油C+F1が第1空冷熱交換器(HEX1)で冷却された後に、低段用圧縮機(4)のモータインジェクションポートよりドーム内に流入して圧縮機モータに散布され、この圧縮機モータを冷却した後に低段用圧縮機(4)のドーム底部に貯留し、その後、軸受け等の潤滑に利用される。

【0047】上記圧力スイッチ(PS)の動作について説明すると、この圧力スイッチ(PS)は第1冷却油回路(61)内の圧力が所定値以下に低下すると作動し、信号を出力する。つまり、図4に示すように、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留されている冷却油量が十分あって油面高さが所定値以上に維持されている場合には、第1油ポンプ(45)の吐出圧力は一定している。これに対して、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留されている冷却油量が減少して油面高さが所定値以下に低下した場合には、第1油ポンプ(45)が冷却油を吸入できなくなるため、第1油ポンプ(45)の吐出圧力は急激に減少する。従って、第1油ポンプ(45)の吐出圧力、即ち第1冷却油回路(61)内の圧力が所定値以下に低下した場合は、低段用圧縮機(4)に貯留されている冷却油が減少していると判断できるため、圧力スイッチ(PS)の出力する信号は、冷却油量が所定量以下となったことを示す異常信号となる。そして、この異常信号が制御ユニットに入力されて圧縮機の非常停止等の保護動作が行われる。

【0048】一実施形態1の効果一

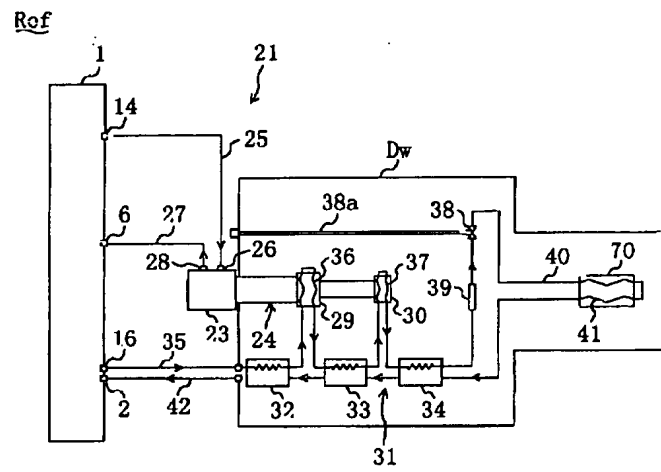
本実施形態1によれば、高段用圧縮機(8)から第2冷却油回路(62)を流れて低段用圧縮機(4)のFSインジェクションポートへと供給される冷却油は、低段用圧縮機(4)から中間圧のヘリウムガスと共に吐出されて高段用圧縮機(8)のモータインジェクションポートへと戻る。このため、第2冷却油回路(62)を流れる冷却油の量は冷凍機(Ref)の運転状態の変化に伴う両圧縮機(4,8)のドーム内圧の変動に従って変動することとなるが、この冷却油は低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留されることなく高段用圧縮機(8)に戻されることとなる。この結果、冷凍機(Ref)の運転状態の変化に伴って両圧縮機(4,8)のドーム内圧が変動する場合においても、低段用圧縮機(4)のドーム内に貯留される



(PS) 圧力スイッチ、油量検出手段

油面圧 (kgf/cm²)	ポンプ吐出圧 (kgf/cm²)
0.5	0.8
1.0	2.1
1.5	3.5
2.0	3.6
2.5	3.7
3.0	3.6

【図2】



【図3】

